

**Breaking metal workpiece, esp. connecting rod, into two parts**

Patent Number: DE19534360  
Publication date: 1996-08-08  
Inventor(s): GRUHLER SIEGFRIED (DE); SCHMIDT WERNER DR (DE); KUTZ HELMUT (DE); HOFMANN GERHARD (DE)  
Applicant(s): MAUSER WERKE OBERNDORF MASCHIN (DE)  
Requested Patent:  DE19534360  
Application Number: DE19951034360 19950915  
Priority Number (s): DE19951034360 19950915; DE19951003789 19950206  
IPC Classification: B23K26/00; B26F3/00  
EC Classification: B23K26/36, B23D31/00C2  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

In a process for breaking a metal workpiece into a base part and a cover part along a fracture plane defined by two diametrically opposite laser-cut notches in a workpiece opening, in which the workpiece parts are subsequently joined together to reform the opening, the novelty is that the laser is controlled so that a series of spaced linear notch cuts (16) is formed. Also claimed are: (i) a process for processing two workpieces with a laser having two displaceable focussing optical systems each connected via a light conduit with a common laser unit with each workpiece having its own optical system; (ii) an appts. for carrying out the above process; (iii) a laser for the above appts.; and (iv) a workpiece produced by the above process.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 195 34 360 A 1

⑯ Int. Cl. 6:  
B 23 K 26/00  
B 26 F 3/00

DE 195 34 360 A 1

⑯ Aktenzeichen: 195 34 360.3  
⑯ Anmeldetag: 15. 9. 95  
⑯ Offenlegungstag: 8. 8. 96

⑯ Innere Priorität: ⑯ ⑯ ⑯  
06.02.95 DE 195037898

⑯ Anmelder:  
Mauser-Werke Oberndorf Maschinenbau GmbH,  
78727 Oberndorf, DE

⑯ Vertreter:  
Kuhnen, Wacker & Partner, Patent- und  
Rechtsanwälte, 85354 Freising

⑯ Erfinder:  
Schmidt, Werner, Dr., 77963 Schwabach, DE;  
Hofmann, Gerhard, 72475 Bitz, DE; Gruhler,  
Siegfried, 72189 Vöhringen, DE; Kutz, Helmut, 72175  
Dornhan, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt  
Der Inhalt dieser Schrift weicht von den am Anmeldetag eingereichten Unterlagen ab

⑯ Verfahren und Einrichtung zum Bruchtrennen von Werkstücken

⑯ Offenbart ist ein Verfahren zum Bruchtrennen eines metallischen Werkstückes, eine Einrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens und ein dafür geeignetes Werkstück, bei dem der Bruchablauf durch eine Kerbe vorgegeben ist, die aus einer Vielzahl von in einer Reihe hintereinanderliegenden Kerbabschnitten gebildet ist. Zur Ausbildung der Kerbabschnitte kann ein Laser mit vergleichsweise geringer Laserleistung eingesetzt werden, wodurch Gefügeänderungen im Kerbbereich auf ein Minimum reduziert sind.

DE 195 34 360 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Verfahren zum Bruchtrennen von Werkstücken gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1, eine Vorrichtung und einen Laser zur Durchführung des Verfahrens gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 11 bzw. 18 und ein Werkstück, das nach dem gattungsgemäßen Verfahren verarbeitbar ist.

Das Bruchtrennen von Werkstücken findet dann Anwendung, wenn die bruchgetrennten Teile nach dem Bruchtrennvorgang (Cracken) nach einigen Zwischenbearbeitungsschritten wieder zusammengefügt werden sollen. Durch die beim Bruchtrennen entstehende unregelmäßige, vergleichsweise großflächige Bruchfläche wird ein definiertes Zusammenfügen der Werkstücke erleichtert, wobei die Verzahnungen ein seitliches Verschieben der Werkstückteile verhindern.

Das Bruchtrennverfahren findet insbesondere bei der Herstellung von Pleueln für Verbrennungsmotoren Anwendung, wobei zunächst ein Pleuelrohling mit einem Pleuelkopf, einem Pleuelschaft und einem Pleuellagerabschnitt hergestellt wird. In der Innenumfangsfläche des Pleuellagerabschnittes werden dann zwei einander diametral gegenüberliegende Kerben ausgebildet, die eine Bruchebene vorgeben, entlang der das Pleuel in ein Teil mit einem Pleuelfuß und einen Pleueldeckel aufgetrennt werden. Das Bruchtrennen als solches erfolgt in einer Bruchtrennstation, in der ein Spreizdorn in den Pleuellagerabschnitt abgesenkt wird, so daß aufgrund der aufgebrachten Spreizkräfte und der Spannungskonzentration in den Kerbscheiteln, das Pleuel entlang der vorgegebenen Bruchebene bricht.

Bisher wurden im wesentlichen zwei Verfahrensweisen zum Einbringen der Kerbe eingesetzt. Ein Verfahren besteht darin, die Kerben durch ein Räumverfahren auszubilden, wobei, bedingt durch die Form des Räumwerkzeugs V-förmige Kerben ausgebildet werden, die eine verhältnismäßig große Kerbweite aufweisen.

Derartige Räumverfahren haben den Nachteil, daß relativ teure Werkzeuge (Räumnadeln) erforderlich sind, und daß bedingt durch die Abnutzung der Werkzeuge Naßabweichungen in den Kerbmaßen auftreten können, die bei den hohen Qualitätsanforderungen der Kfz-Industrie nicht akzeptabel sind. Um diesen Nachteil zu beseitigen, müssen die Räumnadeln in vorbestimmten Abständen geschliffen oder ausgewechselt werden, wodurch die Produktionskosten erhöht werden.

Zudem müssen bei den bekannten Räumverfahren Kühl- und Schmiermittel eingesetzt werden, um die Standzeit der Werkzeuge zu erhöhen und eine Gefügeänderung des Pleuels durch Überhitzung der Bearbeitungsflächen zu verhindern. Um eine Verschmutzung der sonstigen Bearbeitungsstationen zu verhindern, muß die Räumanlage örtlich von der Bruchtrennstation und den sonstigen Stationen getrennt und das Pleuel vor dem Weitertransport zur nächsten Bearbeitungsstation sorgfältig gereinigt werden.

Um diese Nachteile zu überwinden, ist in der US-Patentschrift 5,208,979 ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem ein Laser zum Einbringen der Kerben verwendet wird.

Zum Einbringen der wiederum V-förmigen Kerben wird ein Impuls-Laser verwendet, der mit einer Leistung von 400 W betrieben wird. Um die V-förmige Kerbausbildung zu unterstützen, muß der Laserstrahl neben seinem Axialvorschub quer dazu verschwenkt werden, so daß praktisch die Flanken der V-Nut durch zwei verschiedene Arbeitsgänge ausgebildet werden.

Beim Einsatz dieses Verfahrens hat es sich gezeigt, daß es äußerst schwierig ist, die Laserleistung und die Fokussierung des Laserstrahls derart zu steuern, daß einerseits ein vollständiges Aufschmelzen des Materials in der V-Kerbe gewährleistet ist, andererseits eine vorgegebene Maximaltiefe der Kerbe nicht überschritten wird.

Bei ungünstigen Betriebsbedingungen konnte es auftreten, daß der Laserstrahl die Umfangswandung des Pleuellagerabschnittes vollständig durchdrang, so daß die Anlagefläche zwischen Pleueldeckel und Pleuelfuß an dieser Durchdringungsstelle verringert ist.

Demgegenüber liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Bruchtrennen eines Werkstückes, eine Vorrichtung und einen Laser zur Durchführung dieses Verfahrens und ein dafür geeignetes Werkstück zu schaffen, durch die bei minimalem vorrichtungstechnischem und energetischem Aufwand eine reproduzierbare Bruchfläche erzielbar ist.

Diese Aufgabe wird hinsichtlich des Verfahrens durch die Merkmale des Patentanspruchs 1, hinsichtlich der Vorrichtung durch die Merkmale des Patentanspruchs 11, hinsichtlich des Lasers durch die Merkmale des Patentanspruchs 18 und hinsichtlich des Werkstücks durch die Merkmale des Patentanspruchs 21 gelöst.

Durch die Maßnahme, die Kerbe aus einer Vielzahl von Kerbabschnitten auszubilden, die linienförmig hintereinanderliegend angeordnet sind, und die in Form einer "Perforation" die Bruchebene vorbestimmen, kann das Volumen des aufzuschmelzenen Materials gegenüber der aus der US-5,208,979 bekannten Lösung wesentlich verringert werden. Durch diese Weiterbildung läßt sich ein Laser mit einer erheblich verringerten Leistung einsetzen, die nur noch einen Bruchteil der Leistung des in dem US-Patent eingesetzten Lasers beträgt.

Durch die erheblich verringerte Laserleistung wird die Erwärmung des Werkstückes im Bereich der Bearbeitungsfläche verringert, so daß einer Martensit-Bildung im Kerbenbereich vorgebeugt wird.

Des weiteren ermöglicht es die geringe Laserleistung und der damit verbundene geringe Platzbedarf für das Lasergerät, dieses in eine Bruchtrennanlage zu integrieren, wie sie beispielsweise aus der Voranmeldung P94 ... der Anmelderin bekannt ist. Auf diese Weise wird es bei minimalem Platz- und Energiebedarf erstmals ermöglicht, das Einbringen der Kerben, das Bruchtrennen, Weiterbearbeiten und Zusammenfügen des Werkstückes, beispielsweise eines Pleuels, in einer einzigen Anlage durchzuführen, wobei der Transport des Werkstücks über eine allen Bearbeitungsstationen gemeinsame Transporteinrichtung erfolgt.

Der Energiebedarf läßt sich weiter minimieren, indem der Laserstrahl während der Bearbeitung einer Kerbe seine Orientierung zur Kerbeebene beibehält, d. h. der Laserstrahl wird lediglich entlang einer Achse mit Bezug zum Werkstück bewegt, wobei die Breite jedes Kerbabschnittes der Breite der Kerbe entspricht und durch den Einwirkbereich des Laserstrahls vorgegeben ist.

Der vorrichtungstechnische Aufwand läßt sich weiter minimieren, indem die Kerbabschnitte als schräg verlaufende zylinder- oder fingerförmige Sacklöcher ausgebildet werden. Die Schräglage dieser Sacklöcher ermöglicht es, daß der Laserkopf mit seiner Optik im wesentlichen oberhalb oder unterhalb des Werkstücks angeordnet bleiben kann.

Ein verbessertes Bruchverhalten erhält man, wenn die

Kerbe mit einer gemeinsamen Kerbbasis ausgebildet wird, aus der heraus sich die Kerbabschnitte in die Wandung der Werkstückausnehmung hineinerstrecken.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Kerbabschnitte und die Kerbe mit den Abmessungen gemäß den Unteranspruch 7 ausgebildet wird.

Die beim erfindungsgemäßen Verfahren eingesetzte Vorrichtung kann mit einer Abstützung der Laser- oder Fokussieroptik versehen werden, die deren Verschiebung parallel zur Kerblängsachse und/oder eine Verschwenkung der Fokussieroptik um eine Achse senkrecht zur Bruchebene des Werkstücks erlaubt. Durch die Verschwenkbarkeit der Fokussieroptik können die beiden einander diametral gegenüberliegenden Kerben in der Umfangswandung der Werkstückausnehmung auf einfache Weise hergestellt werden.

Aus wirtschaftlichen Gründen kann es erforderlich sein, daß die Anzahl der pro Zeiteinheit gekerbten Werkstücke erhöht werden muß. In diesem Fall ist bei dem erfindungsgemäßen Verfahren und bei der entsprechenden Vorrichtung vorgesehen, einem Lasergerät, d. h. der Einheit, in der der eigentliche Laserstrahl erzeugt wird, zwei Fokussieroptiken zuzuordnen. In diesem Fall wird der Laserstrahl über Strahlweichen und/oder Strahlteiler zu jeweils einer Fokussieroptik geleitet bzw. auf beide Fokussieroptiken aufgeteilt. Diese Variante ermöglicht es, daß zwei Werkstücke in einem Bearbeitungszyklus bearbeitet werden können.

Ein derartiges Verfahren kann beispielsweise mit einem Laser durchgeführt werden, bei dem die beiden Optiken getrennt vom Lasergerät verschwenkbar und in zwei oder drei Achsen verschiebbar in der Laserstation geführt und über Lichtleiter mit dem stationär angeordneten Lasergerät verbunden sind. Dabei sind die Achsen der beiden Fokussieroptiken vorzugsweise parallel und im Abstand zueinander angeordnet und der Laserstrahl wird vorzugsweise über eine Strahlweiche wahlweise an eine der Fokussieroptiken weitergeleitet, so daß jeweils nur eine der Optiken arbeitet. Durch entsprechende Betätigung der Strahlweiche läßt sich somit bei einem Arbeitsvorschub der beiden Fokussieroptiken die Kerbe eines Werkstücks ausbilden, während beim Rückhub und entsprechender Umsteuerung der Strahlweiche die Kerbe des zweiten Werkstücks ausgebildet wird. Durch eine synchrone Schwenkbewegung beider Optiken um etwa 90° und gegebenenfalls eine seitliche Verschiebung der Fokussieroptiken können dann nacheinander die beiden restlichen Kerben beider Werkstücke ausgebildet werden. Da die beiden Optiken über Lichtleiter mit dem Lasergerät verbunden sind und nur noch die beiden Optiken verschwenk- und verschiebbar gelagert sein müssen, während das vergleichsweise schwere und voluminöse Lasergerät stationär gelagert ist, sind bei einer derartigen Ausführung die Anforderungen an die Schwenklagerung und an die Bewegungsdämpfung gegenüber der vorbeschriebenen Lösung ganz erheblich verringert. Die elastischen Lichtleiter lassen einen großen Spielraum für Vorschub- und Schwenkbewegungen, ohne daß es besonderer Führungen oder Abstützungen bedarf.

Bei einer weiteren Variante wird einem Lasergerät ein Fokussierkopf mit zwei Fokussieroptiken zugeordnet, deren optische Achsen um etwa 90° zueinander angestellt sind. Bei dieser Variante wird der Fokussierkopf gemeinsam mit dem Lasergerät in drei Achsen verschiebbar in der Laserstation gelagert, wobei es jedoch aufgrund der 90°-Anstellung der Fokussieroptiken keiner Schwenkbewegung bedarf, um die einander dia-

metral gegenüberliegenden Kerben auszubilden. Bei dieser Variante kann sowohl ein Strahlteiler als auch eine Strahlweiche eingesetzt werden, wobei durch entsprechende geometrische Abstimmung der beiden Fokussieroptiken und Aufteilung des vom gemeinsamen Lasergerät erzeugten Laserstrahls zunächst gleichzeitig die voneinander entfernten Kerben zweier parallel nebeneinander angeordneter Werkstücke ausgebildet werden. Durch entsprechende Ansteuerung jeweils einer Fokussieroptik über eine Strahlweiche und entsprechende Querverschiebung des Fokussier-Kopfs (inklusive Lasergerät) werden dann in zwei aufeinanderfolgenden Arbeitsgängen die beiden verbleibenden Kerben der beiden Werkstücke ausgebildet. Das heißt, bei dieser Variante können vier Kerben durch drei Arbeitshübe ausgebildet werden, so daß die Bearbeitungszeit reduzierbar ist. Des weiteren erlaubt es die Verwendung des Strahlteilers einen Laser mit höherer Leistung einzusetzen, so daß praktisch über jede Fokussieroptik ein Laserstrahl mit der vorstehend beschriebenen Leistung aufbringbar und somit die gleichzeitige Ausbildung zweier Kerben in einer optimalen Zeit durchführbar ist.

In den vorteilhaften Weiterbildungen gemäß den Ansprüchen 18 bis 20 wird ein Laser beansprucht, der zum Einsatz bei der vorbeschriebenen erfindungsgemäßen Einrichtung und zur Durchführung des vorbeschriebenen Verfahrens zur Bearbeitung zweier Werkstücke geeignet ist.

Vorzugsweise wird ein YAG-Laser verwendet, durch den pro Kerbe eine Leistung von weniger als 100 W, vorzugsweise 60 W aufbringbar ist.

Die Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Werkstücks gemäß einer Merkmalskombination der Unteransprüche 21—25 gewährleistet ein optimales Bruchverhalten, bei einer maximalen Anlagefläche zwischen den beiden nach dem Bruchtrennen erhaltenen Werkzeugteilen.

Das vorbeschriebene Verfahren, die Vorrichtung und der Laser lassen sich ganz besonders vorteilhaft bei der Herstellung von Pleuels für Verbrennungsmotoren einsetzen.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der sonstigen Unteransprüche.

Die Erfindung wird im folgenden anhand schematischer Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Teildarstellung eines nach dem erfindungsgemäßen Verfahren bearbeiteten Pleuels;

Fig. 2 einen Schnitt entlang der Linie A-A in Fig. 1;

Fig. 3 eine Detaildarstellung des Pleuels in der Ansicht nach Fig. 2;

Fig. 4 eine Einrichtung zur Bearbeitung eines Pleuels;

Fig. 5 eine schematische Seitendarstellung eines Teils der Einrichtung aus Fig. 4;

Fig. 6 eine Draufsicht auf den in Fig. 5 dargestellten Teil der Einrichtung;

Fig. 7 eine Laserstation gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel;

Fig. 8 eine Detaildarstellung der Fokussieroptiken aus Fig. 7 und

Fig. 9 ein drittes Ausführungsbeispiel eines Lasers zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

In Fig. 1 ist ein Teil eines Pleuels 1 mit einem Pleuelfuß 2, einem Pleuelschaft 4 und einem Pleueldeckel 6 dargestellt. Der Pleuelfuß 2 und der Pleueldeckel 6 begrenzen eine Pleuellagerausnehmung 8, die ein Gleitlager (nicht gezeigt) zur Abstützung an einer Kurbelwelle eines Verbrennungsmotors aufnimmt.

Ein derartiges Pleuel wird in der Regel geschmiedet oder aus Gußlegierungen hergestellt. Dabei wird zunächst der Pleueldeckel 6 einstückig mit dem Pleuelfuß ausgebildet und die beiden in einem sich anschließenden Bruchtrennvorgang (Cracken) in den Pleueldeckel 6 und die sonstigen Teile des Pleuels 1 aufgetrennt.

Um eine definierte Bruchfläche zu erhalten, werden in der Umfangswandung der Lagerausnehmung 8 zwei einander diametral gegenüberliegende Kerben 10 ausgebildet, die eine Bruchebene 12 definieren, die in Fig. 1 strichpunktiert als Schnittlinie A-A dargestellt ist. Das Bruchtrennen des Pleuels 1 geschieht auf einer Bruchtrennanlage, die in der eingangs zitierten Voranmeldung der Anmelderin ausführlich beschrieben ist, und auf die der Einfachheit halber Bezug genommen wird. Beim Bruchtrennen taucht in die Pleuellager-Ausnehmung 8 ein Spreizdorn ein, so daß aufgrund der aufgebrachten Spreizkräfte das Pleuel entlang der Bruchebene 12 bricht und somit in den Pleueldeckel 6 und den Pleuelfuß 2 aufgetrennt wird.

Nach dem Trennvorgang werden die Bruchflächen gereinigt, weiterbearbeitet und die beiden Pleuelteile 2, 6 mit Hilfe von den Schrauben zusammengefügt, die das Pleuel entlang den Linien 14 in Fig. 1 durchsetzen.

Wie in den Fig. 2 und 3 detailliert dargestellt ist, sind die Kerben — im Gegensatz zum bisher bekannten Stand der Technik — nicht durchgehend ausgebildet sondern in Form einer Perforation, die aus einer Vielzahl von linienförmig hintereinanderliegenden Kerbabschnitten 16 gebildet ist. Beim gezeigten Ausführungsbeispiel sind diese als zylinder- oder fingerförmige Sacklöcher ausgebildet, die sich in der Darstellung nach den Fig. 2, 3 schräg nach unten in die Umfangswandung der Ausnehmung B erstrecken. Die Achse der Kerbabschnitte 16 schließt dabei mit der Pleuelachse 18 oder der Kerbachse einen Winkel  $\alpha$  von  $30-60^\circ$  ein. Gefügeuntersuchungen haben gezeigt, daß aufgrund der geringen Laserleistung, die Martensitbildung im Randbereich (strichpunktet in Fig. 3) der Kerbabschnitte 16 minimal ist, so daß die Bruchflächen gut bearbeitbar bleiben. In den Bereichen zwischen den Randbereichen zweier benachbarter Kerbabschnitte 16 konnte keine Martensitbildung festgestellt werden.

Bei einem Ausführungsbeispiel beträgt der Achsabstand A zwischen zwei benachbarten Kerbabschnitten 16 etwa 0,25 mm, deren Durchmesser D etwa 0,15–0,22 mm und die Tiefe T eines Kerbabschnitts etwa 0,6–0,8 mm.

Wie weiterhin insbesondere aus Fig. 3 hervorgeht hat jeder Kerbabschnitt 16 eine gemeinsame Kerbbasis 20, von der aus sich die einzelnen Kerbabschnitte 16 schräg nach unten erstrecken. Das heißt also, im Bereich der Kerbbasis 20 ist die Kerbe 10 durchgehend ausgeführt, wobei die Breite der Kerbbasis (senkrecht zur Zeichenebene in Fig. 3) etwa dem Durchmesser D entspricht.

Es sei jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Erfindung auch ohne die gemeinsame Kerbbasis 20 und mit anderen Maßen A, D, T usw. realisierbar ist.

Die Neigung  $\alpha$  der Kerbabschnitte ist durch den Einfallswinkel des Laserstrahls vorbestimmt, der durch eine entsprechende Neigung der Fokussieroptik 22 einstellbar ist. Der Laserkopf wird parallel zur Z-Richtung in Fig. 2 nach unten verschoben, so daß durch eine Impulsansteuerung des Laserstrahls die beschriebene Lochreihe von Kerbabschnitten 16 gebildet wird.

Die gemeinsame Kerbbasis 20 läßt sich ausformen, indem der Laser mit einer Leistung betrieben wird, die etwas höher ist, als diejenige, die zur alleinigen Ausbil-

dung der Kerbausnehmungen 16 notwendig wäre. Durch diese etwas erhöhte Laserleistung verschmieren die Kerbabschnitte 16 an ihrem der Lagerausnehmung 8 zugewandten Endabschnitt, so daß diese in die gemeinsame Kerbbasis 20 übergehen.

Um die Kerbabschnitte 16 in dem in Fig. 2 rechten Teil des Pleuelfußes 2 auszubilden, wird die Fokussieroptik 22 um  $90^\circ$  verschwenkt, so daß der Laserstrahl (gestrichelt in Fig. 2) auf die diametral gegenüberliegende Seite der Lagerausnehmung 8 gerichtet ist.

Für den Fall, daß bei der Ausbildung der Kerben im Pleuelfuß 2 eine Kerbbasis 20 hergestellt wird, ist die Tiefe der Kerbbasis 20 vorzugsweise geringer als die Tiefe derjenigen, sich von der Kerbbasis weg erstreckenden Teile der Kerbabschnitte 16. Das heißt, die Tiefe T wird im wesentlichen durch die Länge der Kerbabschnitte 16 bestimmt.

In Fig. 4 ist eine Draufsicht auf eine Einrichtung zur Bruchtrennung eines Pleuels 1 dargestellt.

Diese Einrichtung, im folgenden Cracklinie genannt, hat eine getaktete Transporteinrichtung 24, die Aufnahmen 26 für die Pleuel 1 trägt, die einem Magazin 28 entnommen werden. Die Pleuel 1 liegen mit ihren Großflächen parallel zur Zeichenebene auf den Aufnahmen 26 auf.

Das entnommene Pleuel 1 wird mittels der Transporteinrichtung 24 zunächst eine Laserstation 60 mit einem Lasergerät 30 zugeführt, das beim gezeigten Ausführungsbeispiel als YAG-Laser ausgeführt ist. Nach Einbringen der vorbeschriebenen Kerben wird die Transporteinrichtung 24 angesteuert, so daß im nächsten Arbeitsschritt das Pleuel 1 zu einer Crackstation 32 transporiert wird, mit der ein nicht dargestellter Spreizzyylinder in die Lagerausnehmung 8 abgesenkt wird, bis das Pleuel entlang der Bruchebene 12 in den Pleuelfuß 2 und den Pleueldeckel 6 bruchgetrennt wird.

Die Pleuelteile werden durch die Aufnahme 26 in ihrer Ausgangsposition gehalten und zu den nächsten Arbeitsstationen 34 ff. gefördert, in denen die Pleuelteile ausblasen, weiterbearbeitet und schließlich wieder zusammengefügt werden. Nach dem Zusammenfügen wird das Pleuel von der Transporteinrichtung 24 entnommen und dem nächsten Fertigungsschritt zugeführt.

In Fig. 4 sind weiterhin noch mit den Bezugssymbolen 36, 38 und 40 die Energieversorgung, die Gasversorgung und die Kühlung des Lasers angedeutet.

Da der Laser zur Einbringung einer Kerbe nur relativ geringe Energie benötigt (etwa 60 W) kann ein Laser mit geringen geometrischen Abmessungen verwendet werden, so daß die Gesamtanlage sehr kompakt im Aufbau ist. Die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen sind ebenfalls auf ein Minimum reduzierbar, wohingegen bei der Verwendung der üblichen Laser mit einer Leistung von 400–600 W erheblich höhere Anforderungen an die Betriebssicherheit gestellt werden.

Um die Bedienungsperson zu schützen, ist die Transporteinrichtung 24 im Bereich des Lasergeräts 30 durch eine Laserschutzhülle 42 abgedeckt.

Hinsichtlich weiterer Details des Lasers sei auf die Fig. 5 und 6 verwiesen. Wie daraus hervorgeht, hat das eingesetzte Lasergerät 30 einen etwa quaderförmigen Gehäusekörper 44, an dessen dem Pleuel 1 zuweisenden Endabschnitt die Fokussieroptik 22 angeordnet ist, über die der Laserstrahl um  $90^\circ$  hin zum Pleuel 1 umgelenkt wird.

In Fig. 5 ist ein Strahlbündel dargestellt, wobei der Abstand der Fokussieroptik 22 von dem Pleuel 1 der Brennweite der Fokussieroptik entspricht, so daß der

Laserstrahl exakt auf den zu bearbeitenden Abschnitt des Laser fokussiert ist.

Wie insbesondere aus Fig. 5 hervorgeht, ist das Lasergerät 30 mit der Fokussieroptik 22 auf einem 90°-Schwenktisch 48 gelagert, der seinerseits auf einem Werkzeugtisch 50 befestigt ist, der eine Verschiebung des Lasgeräts 30 in Z-Richtung erlaubt.

Der Schwenktisch 48 hat einen Halterungsarm, an dem das Lasergerät 30 mit dem Gehäuse 44 befestigt ist. Der Halterungsarm 52 ist um einen Drehpunkt X drehbar auf dem Schwenktisch 48 gelagert, wobei die Verschwenkung des Schwenktischs 48 über einen Stellzylinder 54 erfolgt, der an einer Lasche 56 angreift.

In der in Fig. 5 dargestellten ausgefahrenen Position ist der Laserstrahl auf die linke Wandung des Pleuel 1 gerichtet, während beim Einfahren des Stellzylinders 54 der Schwenktisch 48 und somit auch die Fokussieroptik 22 um den Gelenkpunkt X verschwenkt wird, so daß der Laserstrahl — wie in Fig. 2 dargestellt — auf die rechte Seitenwandung des Pleuels 1 gerichtet wird. Das heißt, zum Einbringen der beiden Kerben 16 in der Pleuelgaurausnehmung 8 wird zunächst eine Lochreihe komplett fertiggestellt, wobei die Fokussieroptik 22 in Richtung Z bewegt wird, so daß durch entsprechende Abstimmung des Vorschubs und der Impulsdauer eine Kerbabschneidreihe mit der gewünschten Kerbabschnittstiefe und dem gewünschten Kerbabschnittabstand ausgebildet wird. Nach Fertigstellung der ersten Kerbe wird die Fokussieroptik um 90° verschwenkt und auf gleiche Weise die zweite Kerbe ausgebildet.

Um das verdampfte Pleuelmaterial von der Bearbeitungsstelle wegzubringen, ist unterhalb der Pleuelaufnahme 26 eine Absaugung 58 vorgesehen.

Während bei den vorbeschriebenen Ausführungsbeispielen eine einzige Fokussier- oder Laseroptik verwendet wurde, um eine Kerbe eines einzelnen Werkstücks auszubilden, werden in den folgenden Ausführungsbeispielen zwei Fokussieroptiken eingesetzt, um zwei parallel zueinander auf der Transporteinrichtung 24 angeordnete Werkstücke gleichzeitig oder zumindest in einem gemeinsamen Bearbeitungszyklus bearbeiten zu können, so daß sich die Produktivität wesentlich erhöhen läßt. In diesem Fall kann eine Crackstation 32 eingesetzt werden, die beispielsweise mit zwei Spreizzylindern versehen sein kann, um die beiden Pleuel gleichzeitig zu cracken.

Fig. 7 zeigt ein erstes derartiges Ausführungsbeispiel, bei dem eine Laserstation 60 mit zwei Fokussieroptiken 62 und 63 versehen ist. Über die beiden Fokussieroptiken 62, 63 lassen sich zwei parallel zueinander auf der Transporteinrichtung 24 — oder besser gesagt auf einer entsprechenden Pleuelaufnahme (nicht gezeigt) — angeordnete Pleuel 1a und 1b bearbeiten. Die Fokussieroptiken 62 und 63 sind jeweils über Lichtleiter 64 mit dem Lasgerät 30 verbunden, indem der eigentliche Laserstrahl erzeugt wird. Im vorliegenden Fall handelt es sich vorzugsweise um einen YAG-Laser mit einer Leistung von etwa 60 W. Dem Lasgerät 30 ist — wie beim vorbeschriebenen Ausführungsbeispiel — ein Kühler 40 und gegebenenfalls eine Gasversorgung (nicht gezeigt) zugeordnet. Es werden handelsübliche Lichtleiter 64 verwendet, wobei bei Verwendung einer Stufenindexfaser eine Durchmesser von etwa 0.2 mm vorteilhaft ist, während bei der Verwendung einer Gradientenfaser auch andere Durchmesser Verwendung finden können. Da die Stufenindexfaser üblicherweise erheblich preiswerter als Gradientenfaser-Lichtleiter sind, werden die erstgenannten Lichtleiter mit dem

Durchmesser von etwa 0.2 mm verwendet.

Die Laserstation 60 hat zumindest zwei NC-Achsen Z und x, die eine Horizontal- und Vertikalverschiebung der Fokussieroptiken 62, 63 erlauben. Des weiteren sind die Fokussieroptiken 62, 63 um etwa 90° verschwenkbar in dem Gestell der Laserstation 60 gelagert, so daß diese aus der in Fig. 7 mit durchgezogenen Linien dargestellten Schwenkposition in eine um 90° versetzte Position verschwenkbar sind. Die elastischen Lichtleiter 64 erlauben eine Verschwenkung und eine Verschiebung der Fokussieroptiken 62, 63 in einem weiten Bereich. Da bei diesem Ausführungsbeispiel lediglich die vergleichsweise leichten Fokussieroptiken 62 und 63 verschieb- und verschwenkbar im Gestell der Laserstation 60 gelagert sind, während das Lasgerät 30 unabhängig davon stationär abgestützt ist, können die Lagerung der Fokussieroptiken 62, 63 und die Stellmotoren für die NC-Achsen vergleichsweise einfach bzw. mit geringerer Leistung ausgeführt werden, wie dies beim vorbeschriebenen Ausführungsbeispiel der Fall ist, da dort sowohl Lasgerät als auch Fokussieroptik in der Laserstation gelagert sind.

Üblicherweise wird die Laserstation 60 auch noch mit einer dritten NC-Achse ausgeführt werden, die eine Verstellung in Y-Richtung erlaubt, so daß eine einfache Anpassung an unterschiedliche Pleuelgeometrien und Brennweiten der Fokussieroptiken 62, 63 möglich ist.

Es sind auch Varianten vorstellbar, bei denen die Fokussieroptiken 62, 63 getrennt voneinander verschwenk- oder verschiebbar sind, wobei diesen dann allerdings getrennte Antriebe zugeordnet sein müssen. Eine derartige Ansteuerung kann beispielsweise bei komplizierten Pleuelgeometrien zur Vermeidung von Kollisionen erforderlich sein.

In Fig. 8 ist eine Detaildarstellung der beiden Fokussieroptiken 62, 63 gezeigt. Dabei ist die in Fig. B rechte Fokussieroptik 63 in einer Ausgangsposition dargestellt, in der die Fokussieroptik 63 außerhalb des Pleuel 1b angeordnet ist. Eine derartige Ausgangsposition kann die Fokussieroptik 63 beispielsweise vor Beginn eines Bearbeitungszyklus einnehmen. Zu Beginn eines jeden Bearbeitungszyklus werden die beiden Pleuel 1a, 1b in Transportrichtung T der Bearbeitungsstation 60 zugeführt, so daß diese in Parallelabstand in entsprechend ausgebildeten Pleuelaufnahmen aufgenommen sind. Die Lageorientierung der beiden Pleuel 1a, 1b entspricht dabei derjenigen, die sie auch in der Crackstation einnehmen.

Anschließend werden die Fokussieroptiken 62, 63 über die NC-Achsen (X, Y, Z) verfahren, bis die beiden Optiken mit Bezug zur gewünschten Kerbline ausgerichtet und fokussiert sind. Beide Fokussieroptiken 62, 63 nehmen dann etwa eine Position ein, wie sie die in Fig. 8 links dargestellte Fokussieroptik 62 einnimmt, wobei allerdings die Fokussieroptik noch oberhalb des Pleuels 1a angeordnet ist. Durch entsprechende Ansteuerung des Lasgerätes 30 und einer nicht dargestellten Strahlweiche wird der Laserstrahl über den Lichtleiter 64 zu einer der Fokussieroptiken 62 oder 63 geführt. Durch impulsartige Ansteuerung des Lasgeräts 30 und durch einen Vorschub in Z-Richtung werden dann die vorbeschriebenen Kerbabschnitte (siehe Fig. 3) beispielsweise an der in Fig. 8 rechten Innenwandung des Pleuels 1a ausgebildet, wobei der Vorschub in Z-Richtung in der Darstellung nach Fig. 8 nach unten gerichtet ist, so daß sich ein "stechender" Arbeitshub ergibt.

Anschließend wird die Strahlweiche umgeschaltet, so

daß der Laserstrahl zur Fokussieroptik 63 geführt ist. Durch einen anschließenden Vorschub nach oben (parallel zur Z-Richtung) werden dann die Kerbabschnitte der in Fig. 8 rechten Innenwandung des Pleuels 1b ausgebildet, wobei sich durch die entgegengesetzte Vorschubrichtung ein "schleppender" Arbeitshub ergibt.

Nach Ausbilden der Kerbabschnitte in dem Pleuel 1b werden den beiden Fokussieroptiken 62, 63 nach oben (Z-Richtung) in Fig. 8 gefahren, um 90° verschwenkt, so daß sie die in Fig. 7 gestrichelt eingezeichnete Position einnehmen. Anschließend werden die beiden Fokussieroptiken 62, 63 durch eine entsprechende Vorschubbewegung in X-Richtung mit Bezug zu den Pleuels 1a, 1b ausgerichtet und durch einen Arbeitshub nach unten und entsprechende Impulsansteuerung des Lasergeräts 30 die in Fig. 8 linken Kerbabschnitte des Pleuels 1b ausgebildet, wobei hier die Vorschubrichtung von oben nach unten erfolgt (stechender Arbeitshub). Durch anschließende Umschaltung der Strahlweiche und Aufwärtsbewegung der Fokussieroptiken 62, 63 wird dann die letzte Kerbe an der linken Innenwandung des Pleuels 1a während der Aufwärtsbewegung ausgebildet (schleppender Arbeitshub), so daß beide Pleuel 1a und 1b mit den vorbeschriebenen Kerbabschnitten versehen sind und in T-Richtung zur Crackstation 32 weitergeführt werden.

Durch den Einsatz einer Strahlweiche und die Verwendung von zwei getrennten Fokussieroptiken 62, 63 können zwei Pleuel 1a, 1b in einem Arbeitszyklus bearbeitet werden, wobei lediglich ein einziger Laser mit vergleichsweise geringer Leistung eingesetzt werden muß, so daß der sicherheitstechnische und appartechnische Aufwand auf ein Minimum reduziert ist.

Selbstverständlich kann die oben beschriebene Ausführungsform auch zur Bearbeitung nur eines Werkstückes verwendet werden, wobei in diesem Fall nur eine Fokussieroptik angesteuert wird.

In Fig. 9 ist eine weitere Variante einer erfindungsgemäßen Laserstation dargestellt, wobei die Laserstation wiederum ein Gestell aufweist (nicht gezeigt), in dem ein Lasergerät 30 mit einem Fokussierkopf 66 geführt ist, wobei die Einheit aus Lasergerät 30 und Fokussierkopf 66 entlang NC-Achsen (X, Y, Z) verschiebbar geführt ist, so daß die Laserstation für unterschiedliche Pleuelgeometrien einsetzbar ist.

Bei diesem Ausführungsbeispiel ist somit — ähnlich wie bei dem zuerst beschriebenen Ausführungsbeispiel — das Lasergerät mit der Fokussieroptik im Gestell der Laserstation 60 gelagert. Im Unterschied zu diesen Ausführungsbeispielen ist der Fokussierkopf 66 jedoch nicht schwenkbar an der Laserstation 60 oder am Lasergerät 30 gelagert, sondern er verbleibt in der in Fig. 9 dargestellten Ausgangsposition.

Der Fokussierkopf 66 hat zwei Fokussieroptiken 68, 69, deren optische Achsen sich etwa mit einem Winkel von 90° schneiden.

Der Abstand der beiden Pleuel 1a, 1b ist bei diesem gezeigten Ausführungsbeispiel so gewählt, daß die beiden über die Fokussieroptiken 68, 69 erzeugten Laserstrahlen gleichzeitig auf die beiden außenliegenden Kerben der Pleuel 1a, 1b fokussierbar sind.

Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist ein Lasergerät mit einer Leistung von etwa 120 W vorgesehen, wobei der Laserstrahl über einen nicht gezeigten Strahlteiler auf beide Fokussieroptiken 68, 69 aufteilbar ist, so daß die Leistung pro Fokussieroptik 68, 69 etwa 60 W beträgt. Wie eingangs bereits erwähnt, hat sich eine derartige Leistung als optimal für die Ausbildung der

Kerbabschnitte herausgestellt.

Diese Variante ermöglicht es somit, durch einen einzigen Arbeitsgang gleichzeitig zwei Kerben auszubilden.

Ein mit einer derartigen Laserstation durchgeföhrter

5 Arbeitszyklus kann folgende Abfolge aufweisen: Das Lasergerät mit dem Fokussierkopf 66 wird zunächst über die NC-Achsen (X, Y, Z) in die in Fig. 9 gezeigte Ausgangsposition gebracht, in der der Fokussierkopf 66 oberhalb der Pleuel 1a, 1b angeordnet ist. Durch Absenken des Fokussierkopf s 66 (inklusive Lasergerät 30) und impulsartige Ansteuerung des Laserge- 10 räts 30 werden bei der Abwärtsbewegung die beiden außenliegenden Kerben des Pleuels 1a und des Pleuels 1b gleichzeitig ausgebildet. Anschließend wird der Fokussierkopf 66 wieder in seine Ausgangsposition zurückbewegt, und der Fokussierkopf 66 in X-Richtung bewegt, bis die Fokussieroptik 68 mit Bezug zur linken Innenwandung (Fig. 9) des rechts angeordneten Pleuels 1b fokussiert ist. Durch einen folgenden Abwärthub in 15 Z-Richtung wird dann die zweite Kerbe des Pleuel 1b über die Fokussieroptik 68 ausgearbeitet, wobei der vom Lasergerät 30 erzeugte Laserstrahl über eine Strahlweiche (nicht gezeigt) lediglich zur Fokussieroptik 68 geführt ist — die Fokussieroptik 69 ist in diesem 20 Betriebszustand ohne Wirkung.

Anschließend wird der Fokussierkopf 66 wieder nach oben gefahren und die Fokussieroptik 69 mit Bezug zu der in Fig. 9 rechts liegenden Umfangswandung des linken Pleuels 1a ausgerichtet, so daß nach Umschalten der Strahlweiche und Abwärtsbewegung des Fokussierkopfs 66 die letzte Kerbe des Pleuels 1a hergestellt werden kann.

Bei diesem Ausführungsbeispiel sind somit lediglich drei Arbeitshübe erforderlich, um die vier Kerben auszubilden.

Da bei diesem Ausführungsbeispiel der Fokussierkopf nicht verschwenkt werden muß, kann die Bearbeitungszeit und der Aufwand zur Abstützung der Fokussieroptik gegenüber den vorbeschriebenen Varianten wesentlich verringert werden. In dem Fall, in dem lediglich eine Fokussieroptik 68 oder 69 über die Strahlweiche mit dem Laserstrahl versorgt wird, kann es erforderlich sein, daß der Vorschub und die Impulsdauer an die höhere Leistung des Lasergerätes (120 W) angepaßt werden. Des weiteren ist es vorstellbar, daß durch entsprechende Ansteuerung des Lasergerätes in diesen Betriebszuständen lediglich ein Laserstrahl mit einer geringeren Leistung (60 W) abgegeben wird.

Selbstverständlich ist es auch mit dieser Variante möglich, lediglich ein Pleuel 1a in einem Bearbeitungszyklus zu kerben, indem beispielsweise zunächst durch die Fokussieroptik 68 die in Fig. 9 linke Kerbe des Pleuels 1a ausgebildet wird und nach entsprechendem Querverschieben des Fokussierkopfs 66 und Umschalten der Strahlweiche über die Fokussieroptik 69 die rechte Kerbe ausgebildet wird.

Mit denen in den Fig. 7 bis 9 gezeigten Ausführungsbeispielen läßt sich somit die Produktivität der Laserstation bei minimalem vorrichtungstechnischen Aufwand nochmals weiter steigern, so daß eine höhere Produktionskapazität zur Verfügung gestellt werden kann.

Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung der Kerbabschnitte wird erstmals die Integration einer Laseranlage in eine Cracklinie ermöglicht, wobei aufgrund der geringen Laserleistung, die Martensitbildung im Kerbbereich auf ein Minimum reduziert wird, so daß die Weiterverarbeitung des Pleuels auf einfache Weise möglich ist. Durch die besondere Ausgestaltung der

Kerbe mit einer Vielzahl von Kerbabschnitten wird eine Perforation ausgebildet, die ein definiertes Bruchverhalten des Pleuels gewährleistet. Wie bereits vorstehend erwähnt, ist die Anwendung der Erfindung jedoch nicht auf die Pleuelfertigung beschränkt, sondern sie ist allgemein auf Fertigungsverfahren anwendbar, bei denen ein Werkstück in zwei Teile bruchgetrennt werden soll, die im darauffolgenden Arbeitsgang wieder zusammengefügt werden sollen.

## 10 Patentansprüche

1. Verfahren zum Bruch trennen eines metallischen Werkstückes, das eine Ausnehmung mit zwei diametral gegenüberliegenden Kerben aufweist, die den Verlauf einer Bruchebene vorgeben, entlang der das Werkstück in einen Grundkörper und ein Deckelteil bruchgetrennt wird und die bei einem sich anschließenden Fügeschritt gemeinsam wieder die Ausnehmung bilden, wobei die Kerben durch Aufschmelzen des Werkstoffs mittels Laserenergie ausgebildet werden, dadurch gekennzeichnet, daß der Laser (30) derart angesteuert wird, daß eine Vielzahl von zueinander beabstandeten und linienförmig hintereinanderliegenden Kerbabschnitten (16) ausgebildet werden. 15
2. Verfahren nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Breite (D) eines Kerbab schnitts (16) etwa der Breite der Kerbe (10) entspricht. 20
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Laserstrahl während der Bearbeitung einer Kerbe (10, 16) seine Orientierung zur Kerbachse beibehält. 25
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Kerbabschnitt (16) als zylinderförmiges Sackloch ausgebildet wird, dessen Längsachse schräg zur Kerbachse angestellt ist. 30
5. Verfahren nach Patentanspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Anstellwinkel ( $\alpha$ ) etwa 30–60° beträgt. 35
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Laser derart angesteuert ist, daß das Ausbilden einer Kerbe mit einer Leitung von weniger als 100 W erfolgt. 40
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Kerbabschnitte (16) mit einer Tiefe (T) von weniger als 1 mm, einer Breite (D) von weniger als 0,25 mm und einem Axialabstand (A) von weniger als 0,3 mm ausgebildet werden. 45
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei jeder Kerbe (10) eine durchgehende Kerbbasis (20) ausgebildet wird, aus der sich die Kerbabschnitte (16) erstrecken. 50
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, zur Bearbeitung zweier Werkstücke (1a, 1b) mit einem Laser, der zwei verschwenkbare Fokussieroptiken (62, 63) aufweist, die jeweils über einen Lichtleiter (64) mit einem gemeinsamen Lasergerät (30) verbunden sind, wobei jedem Werkstück (1a, 1b) eine Optik (62, 63) zugeordnet ist, gekennzeichnet durch die Schritte: 55

– Einbringen einer Kerbe (10) in das erste

Werkstück (19) mittels der ersten Optik (62) mit einem stechenden Arbeitsvorschub (Vorwärtshub);

- Einbringen einer Kerbe (10) in das zweite Werkstück (1b) mittels der zweiten Optik (63) mit einem schleppenden Arbeitsvorschub (Rückwärtshub);
- Verschwenken der Optiken (62, 63) um etwa 90°;
- Einbringen der zweiten Kerbe (10) in das erste Werkstück (1a) mittels der ersten Optik (62) in einem stechenden Arbeitsgang;
- Einbringen der zweiten Kerbe (10) in das zweite Werkstück (1b) mittels der zweiten Optik (63) in einem schleppenden Arbeitshub.

10. Verfahren nach einem der Patentansprüche 1 bis 8, zur Bearbeitung zweier Werkstücke (1a, 1b) mit einem Laser der einen Fokussierkopf (66) mit zwei um vorzugsweise 90° zueinander versetzte Fokussieroptiken (68, 69) aufweist, die über Strahlteiler und/oder Strahlweichen mit dem Lasergerät (30) verbunden sind, gekennzeichnet durch die Schritte:

- gleichzeitiges Einbringen der außenliegenden Kerben (10) in das erste und das zweite Werkstück (1a, 1b) mittels der ersten bzw. der zweiten Fokussieroptik (68, 69) in einem stechenden Arbeitshub (Vorwärtsbewegung), wobei beide Optiken (68, 69) über eine Strahlteiler versorgt werden;
- Rückbewegung des Fokussierkopfs (66) und Einbringen der zweiten Kerbe (10) in das erste Werkstück (1a) mittels der zweiten Fokussieroptik (69), die über die Strahlweiche versorgt wird;
- Rückbewegung des Fokussierkopfs (66) und Einbringen der zweiten Kerbe (10) in das zweite Werkstück (1b) mittels der ersten Optik (68), die durch Umschalten der Strahlweiche versorgt wird.

11. Einrichtung, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Patentansprüche, mit einer Bruchtrennstation für das Werkstück, einer Fügestation zum Zusammenfügen der bruchgetrennten Werkstückteile und einer Transporteinrichtung zum Transport des Werkstücks bzw. der Werkstückteile zwischen den einzelnen Bearbeitungsstationen, gekennzeichnet durch eine der Bruchtrennstation (32) vorgeschaltete Laserstation (60).

12. Einrichtung nach Patentanspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Lageorientierung des Werkstücks (1) in der Transportstation (32) und in der Laserstation (30) gleich ist.

13. Einrichtung nach Patentanspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß eine Fokussieroptik (22) der Laserstation (60) parallel zur Kerblängsachse verschiebbar und/oder um eine Achse senkrecht zur Bruchebene verschwenkbar gelagert ist.

14. Einrichtung nach einem der Patentansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Laser ein YAG-Laser mit einer Leistung von weniger als 100 W pro Kerbe, vorzugsweise 60 W ist.

15. Einrichtung nach einem der Patentansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß einem Lasergerät (30) zwei Fokussieroptiken (62, 63; 68, 69) zugeordnet sind, die zur gleichzeitigen oder sequentiellen Bearbeitung zweier Werkstücke (1a,

1b) vorgesehen sind, wobei der Laserstrahl über einen Strahlteiler und/oder eine Strahlweiche zu den Fokussieroptiken (62, 63; 68, 69) führbar ist.

16. Einrichtung nach Patentanspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Fokussieroptiken (62, 63) über Lichtleiter (64) mit dem Lasergerät (30) verbunden sind.

17. Einrichtung nach Patentanspruch 15, gekennzeichnet durch einen Fokussierkopf (66), der die beiden Fokussieroptiken (68, 69) aufnimmt, deren optische Achsen — vorzugsweise um 90° — zueinander angestellt sind, wobei der Laserstrahl über eine Strahlweiche zu einer der Optiken (68, 69) oder über einen Strahlteiler zu beiden Optiken (68, 69) leitbar ist.

18. Laser für eine Einrichtung nach einem der Patentansprüche 11 bis 17, mit einem Lasergerät (30) zur Erzeugung des Laserstrahls und einer Optik (62, 63; 68, 69) zur Fokussierung des Laserstrahls auf eine Bearbeitungsebene, dadurch gekennzeichnet, daß dem Lasergerät (30) zwei Fokussieroptiken (62, 63; 68, 69) zugeordnet sind, die zur gleichzeitigen oder sequentiellen Bearbeitung zweier Werkstücke (1a, 1b) vorgesehen sind, wobei der Laserstrahl über einen Strahlteiler und/oder eine Strahlweiche zu den Fokussieroptiken (62, 63; 68, 69) führbar ist.

19. Laser nach Patentanspruch 18, gekennzeichnet durch einen Fokussierkopf (68), der die beiden Fokussieroptiken (68, 69) aufnimmt, deren optische Achsen — vorzugsweise um 90° — zueinander angestellt sind, wobei der Laserstrahl über eine Strahlweiche zu einer der Optiken (68, 69) oder über einen Strahlteiler zu beiden Optiken (68, 69) führbar ist.

20. Laser nach Patentanspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Fokussieroptiken (62, 63) über Lichtleiter (64) mit dem Lasergerät (30) verbunden sind und jeweils mit Bezug zur Kerbachse verschwenkbar sind.

21. Werkstück, herstellbar nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, mit einer Ausnehmung, die in ihrer Umfangswandung zwei diametral gegenüberliegende, den Verlauf einer Bruchebene bestimmende Kerben aufweist, entlang denen das Werkstück in einen Grundkörper und ein Deckelteil bruchtrennbar ist und die bei einem sich anschließenden Fügeschritt gemeinsam wieder die Ausnehmung bilden, wobei die Kerben durch Aufschmelzen des Werkstoffs mittels Laserenergie ausgebildet werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Kerbe (10) eine Vielzahl von im Abstand zueinander stehenden Kerbabschnitten (16) hat.

22. Werkstück nach Patentanspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Kerbabschnitt (16) zylindrisch ausgebildet ist und eine Tiefe (T) von weniger als 1 mm, eine Breite (D) von weniger als 0,25 mm und einen Axialabstand (A) von weniger als 0,3 mm hat.

23. Kerbe nach Patentanspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, daß jede Kerbe (10) eine Kerbbasis (20) hat, von der aus sich die Kerbabschnitte (16) erstrecken.

24. Werkstück nach Patentanspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Kerbbasis (20) eine Tiefe von weniger als 0,3 mm und eine Breite von weniger als 0,3 mm hat.

25. Werkstück nach einem der Patentansprüche 21 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß das Werkstück ein Pleuel (1) mit einem Pleuelfuß (2) und einem Pleueldeckel (6) ist, wobei die Kerben (10) im Bereich zwischen Pleuelfuß (2) und Pleueldeckel (6) ausgebildet sind.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

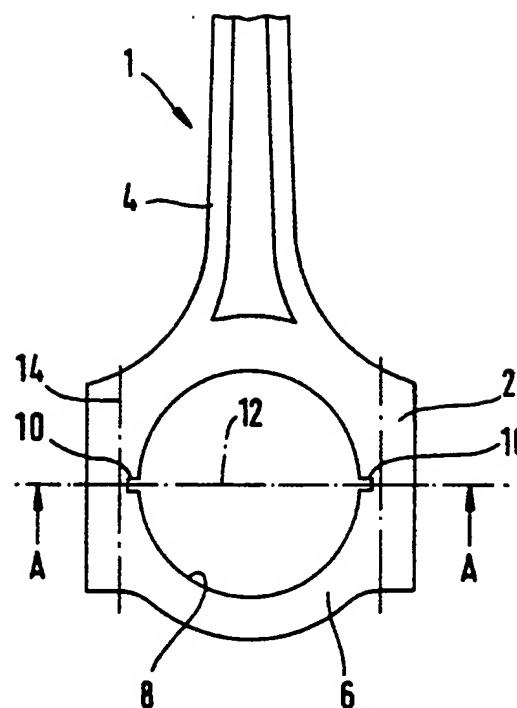


FIG. 1

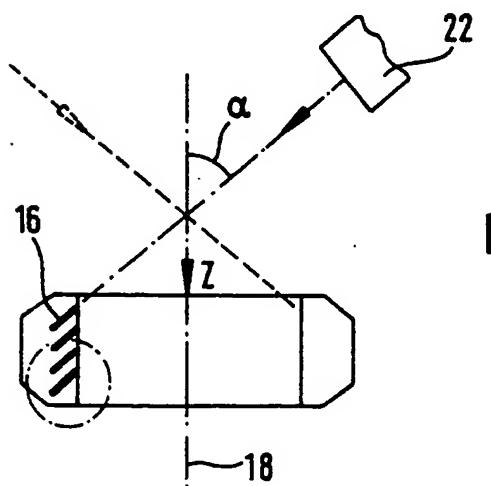


FIG. 2

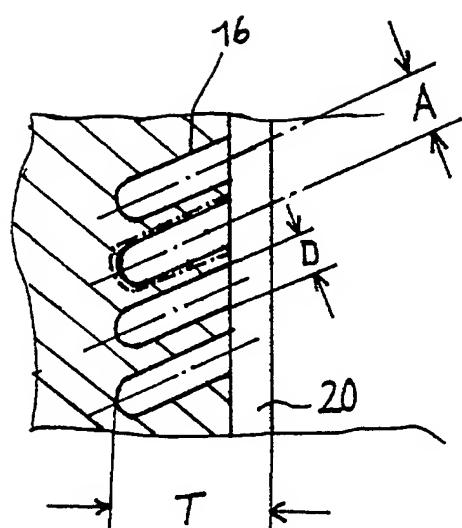
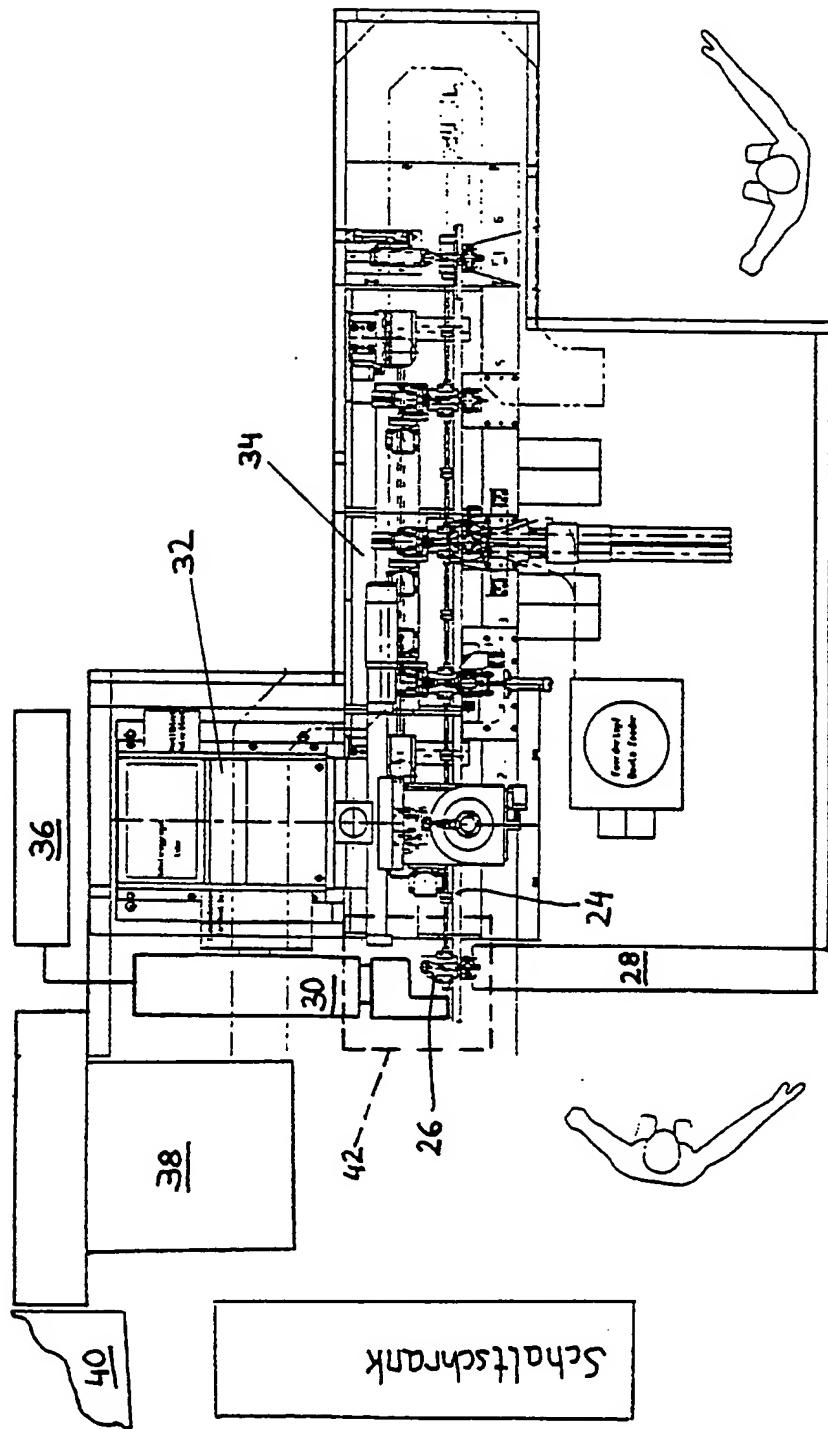


FIG. 3



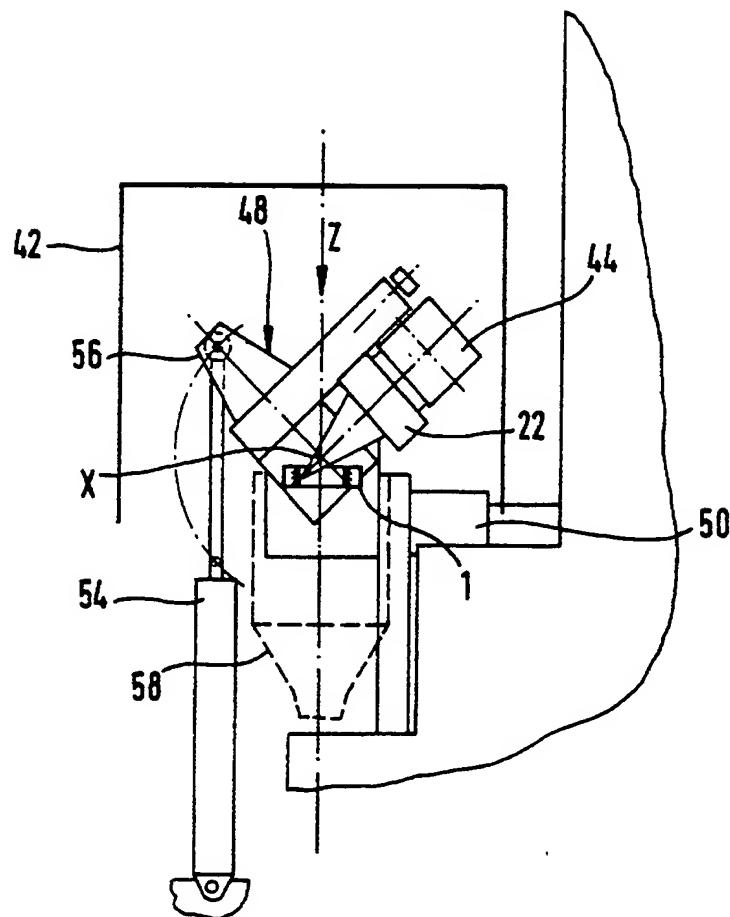


FIG. 5

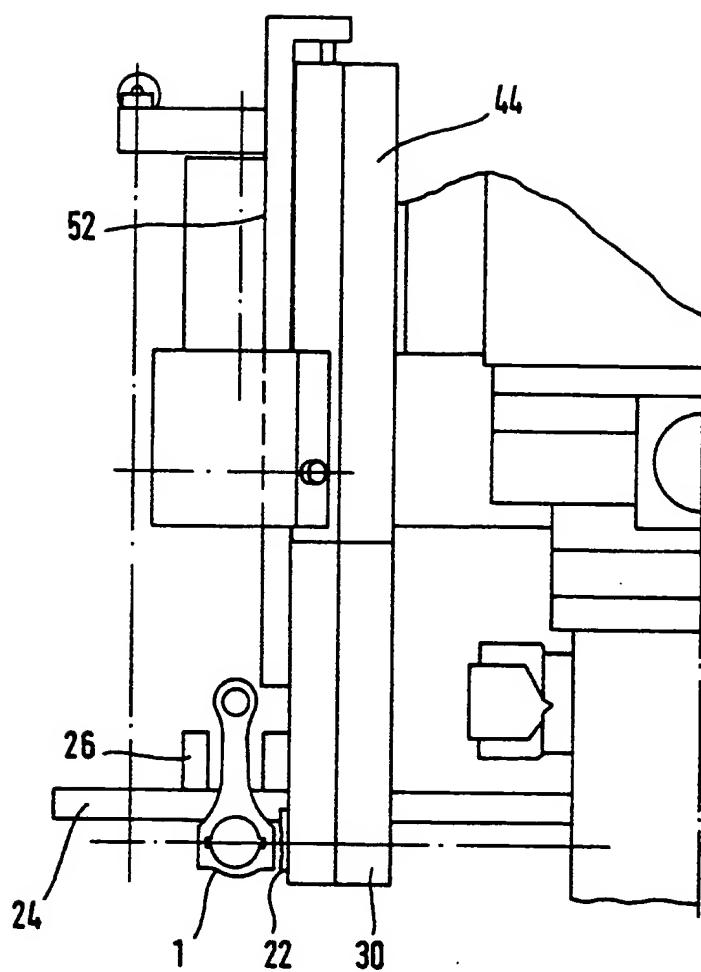


FIG. 6

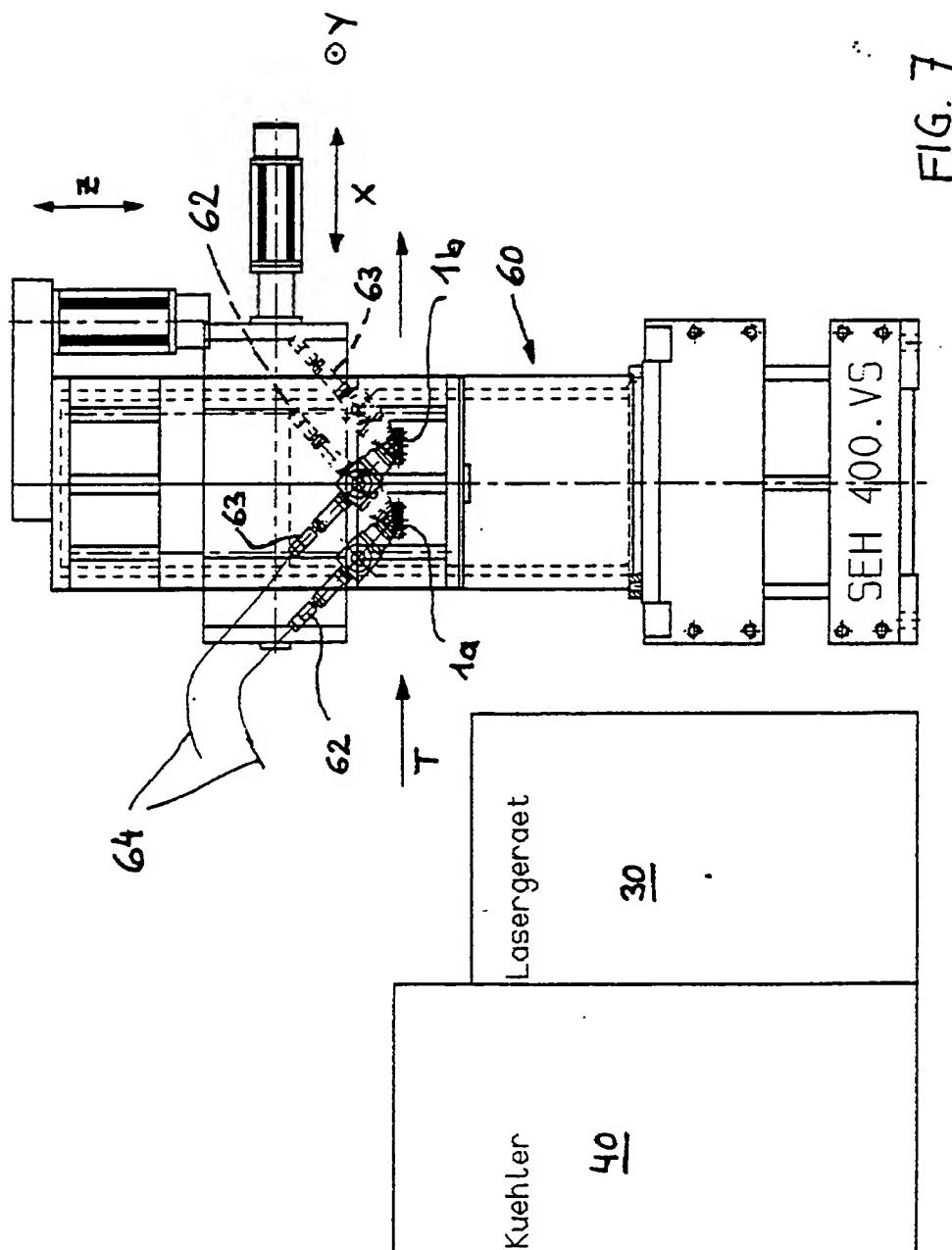


FIG. 7

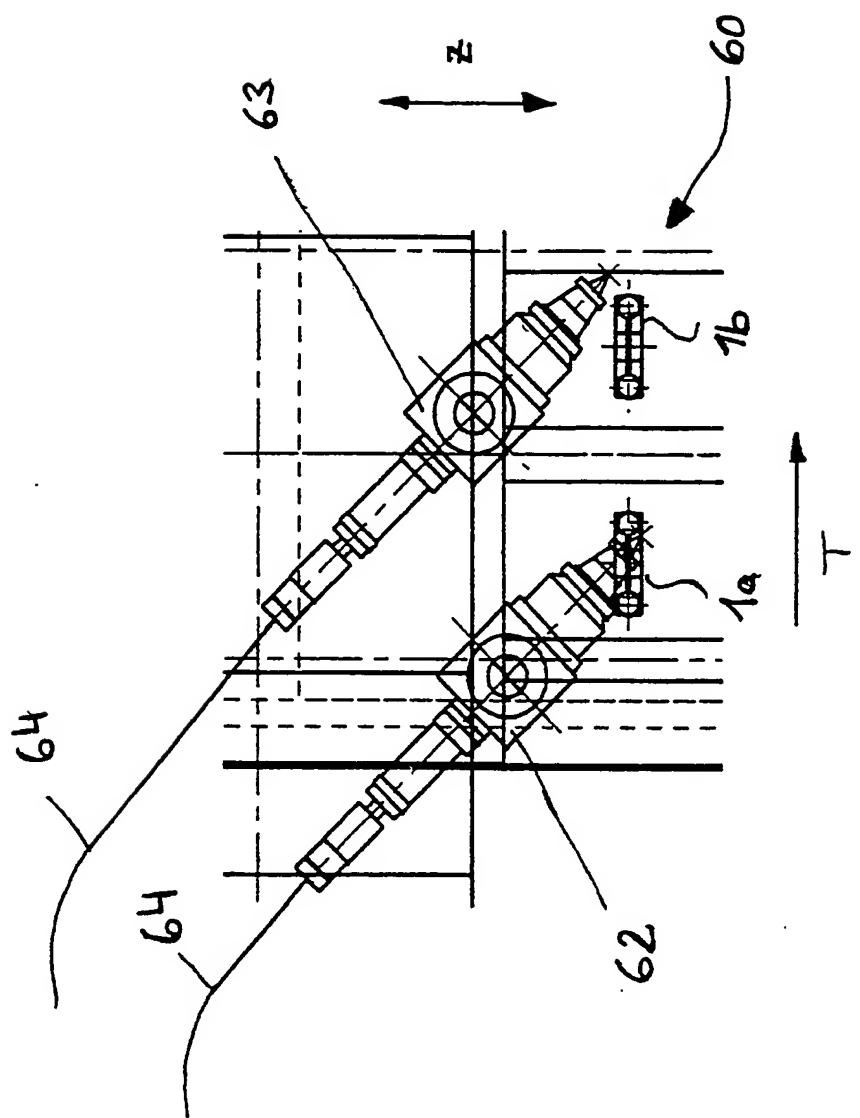


FIG. 8

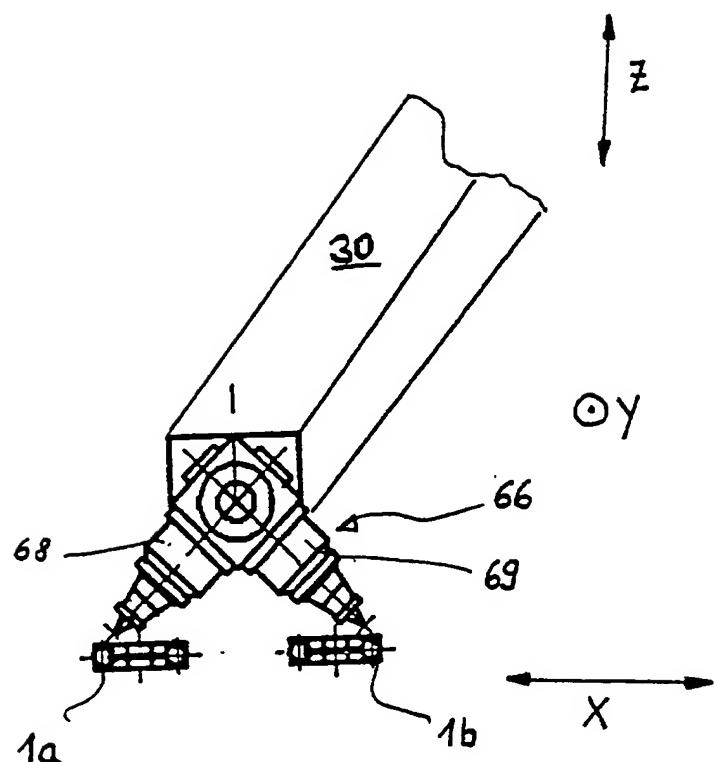


FIG. 9